



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2002268000 A**(43) Date of publication of application: **18.09.02**

(51) Int. Cl.

**G02B 27/00**  
**G02B 27/09**  
**G02F 1/13357**

(21) Application number: **2001067705**(22) Date of filing: **09.03.01**(71) Applicant: **RICOH CO LTD**

(72) Inventor: **KATO IKUO**  
**TAKIGUCHI YASUYUKI**  
**KAMEYAMA KENJI**  
**MIYAGAKI KAZUYA**  
**AISAKA KEISHIN**

(54) **LIGHTING DEVICE**

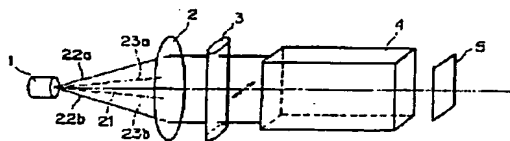
## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** TO provide a lighting device which can make the intensity of polarized illumination light uniform without lowering the degree of polarization and which is be inexpensive and can be made small in size.

**SOLUTION:** In the lighting device lighting up a spatial modulating element 5 with the polarized illumination light from a semiconductor laser light source 1 through an optical element, the illumination light is not in parallel to a direction nearly parallel (or perpendicular) to the plane of polarization of the illumination light and nearly parallel to a direction nearly perpendicular (or parallel) to the plane of polarization of the illumination light, and a rod lens 4 on which the illumination light is made incident is provided as the optical element in from of the spatial modulating element 5. Or, a prism surface array which puts together the illumination light having been split into pieces almost at right angles to the plane of polarization of the illumination light is arranged on

the projection end surface of the rod lens 4.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO



Title of the Prior Art

Japanese Published Patent Application No. 2002-268000

Date of Publication: September 18, 2002

Concise Statement of Relevancy

Translation of Paragraphs [0018]-[0024], and Figure 1

[0018]

Hereinafter, an illumination apparatus related to the present invention will be explained in detail. Figure 1 shows a pattern diagram illustrating an example constitution of illumination apparatus related to the present invention. In Figure 1, 1 denotes a semiconductor LD (laser diode), 2 denotes a collimator lens, 3 denotes a cylindrical lens, 4 denotes a rod lens, 5 denotes a transmission-type spatial light modulator, 21 denotes an optical axis of illumination light, 22a and 22b denote beams each indicating the uppermost and lowermost parts towards the paper plane in respect to illumination light comprised of a laser, and 23a and 23b denote beams each indicating the most back and the most front parts towards the paper plane in respect to the illumination light comprised of a laser. A transmission-type spatial light modulator 5 is comprised of polarizers, a TN liquid crystal board with p-si elements and analyzers. Although it is not illustrated, an image of the transmission-type spatial light modulator 5 is projected by a projection lens arranged at the further right side of the paper plane of the transmission-type spatial light modulator indicated in Figure 1 on a screen which is also not illustrated, thereby a graphic display device is comprised.

[0019]

In Figure 1, illumination light comprised of a laser emitted from the semiconductor LD has a light density distribution which is nearly identical to Gaussian distribution, and transpired, as a beam being  $1/(e^3)$  against the center of peak intensity, to both the upper and lower directions at about 30 degrees (i.e. an angle between the beam 22a and the beam 22b) and the vertical direction to the paper plane at about 10 degrees (i.e. an angle between the beam 23a and the beam 23b). Making the transpired beam a parallel light with a cross section having an ellipse shape towards the direction of movement by collimating the beam using the collimator lens 2. After converging the illumination light, which is an ellipse-shaped parallel light, by the cylindrical lens 3 only towards the vertical direction of the paper plane, the light is injected into the rod lens 4 having a zero curvature on the both ends. Within the rod lens 4, a virtual light source position shifts to several locations since the illumination light repeats multiple reflections only towards the vertical direction of the paper plane thereby the light intensity is equalized towards the vertical direction of the paper plane. The degree of equalized light intensity is mainly determined by the light intensity distribution of the illumination light from the semiconductor LD1, a state of convergence performed by the cylindrical lens 3, a cross section shape of the rod lens 4 and a length of the rod lens.

[0020]

In the case of Figure 1, the distribution light intensity of the illumination light from the semiconductor LD1 is Gaussian distribution, thus it is a steady value, and the cross section

shape of the rod lens 4 is, as shown in Figure 1, not hugely different from the shape of the transmission-type spatial light modulator 5, which is an illuminated object, so therefore, the equalization of light intensity is mostly determined by the state of convergence performed by the cylindrical lens 4 and the length of the rod lens 4. The equalization of light intensity is improved by increasing the power of the cylindrical lens 3, due to an increase in NA of the illumination light, an effective light use efficiency decreases however in some cases. The equalization of light intensity is improved by enlarging the length of the rod lens 4, however, the size as an illumination apparatus becomes large. Further, Gaussian distribution of the light intensity is maintained since the light towards the upper and the lower directions remain as parallel light.

[0021]

At this point, the illumination light injected into the rod lens 4 has a big polarization towards the vertical direction of the paper plane, and further, since it is totally reflected only towards the two planes that are vertical to the paper plane of the rod lens 4, the state towards the reflection plane always remains as P polarization, thus the polarization plane does not rotate from multiple reflections within the rod lens 4. Therefore, the illumination light emitted from the rod lens 4 and equalized towards the vertical direction of the paper plane becomes a state in which the degree of polarization is kept same, thus it is possible to illuminate the transmission-type spatial light modulator 5 adjacent from the side plane of the rod lens 4. When a collimation of the illumination light is not fixed precisely due to aberration or imposition errors of the

collimator lens 2, or an optical axis of optical system is misaligned due to an imposition error of the rod lens 4, a state within the rod lens 4 becomes a grazing-incidence in which both P polarization and S polarization exist, thereby polarization of the illumination light decreases slightly. When polarizers are not comprised, it results in decrease in contrast of the transmission-type spatial light modulator 5 but when polarizers are comprised, light use efficiency becomes important as illumination light. Even in those cases, an illumination light having a P polarization ratio of more than 95% can be made easily, and even considering the transmission rate of polarizers, light use efficiency of more than 80% can be achieved easily.

[0022]

As shown in Figure 1, light intensity can be equalized towards particular and the vertical directions while maintaining polarization by controlling illumination light to be parallel towards a particular direction where the polarization is small, and passing the illumination light through the rod lens 4. The rod lens 4 is a type of rectangular solid glass blocks, thereby manufacturing can be very easy compare with an array having big prism planes, and it can be made as a low-cost illumination apparatus. Also, the shape is slim and small thus an illumination apparatus can be made slimmer.

[0023]

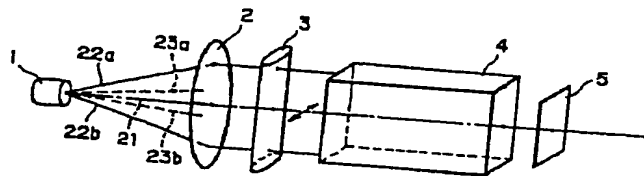
As shown in Figure 1, the collimator lens 2 and the cylindrical lens 3 are not limited to a single lens. Using a plural of lenses can be maintain better polarization, and further, the lens can be an aspheric lens used for molding or grinding. Nitric materials for these lenses and the rod lens

4 can be, other than optical glass, plastic, aerial space, diffraction lattice, holographic elements and binary elements. Further, although a spatial light modulator in Figure 1 is illustrated as the transmission-type spatial light modulator 5, it does not have to be a transmission type comprised of liquid crystal boards, it can also be comprised of such as reflection liquid crystal elements, reflection mirror array from micro electromechanics or the like. Further, a means for observing a spatial light modulator does not have to be a type using a projection lens and a screen, such as describe above, it can be an HMD using a virtual lens.

[0024]

Although depending on a shape of the rod lens 4 and a specification of equalization of required light intensity, the power of the cylindrical lens 3 is preferably a component of illumination light which totally reflects more than twice, and more preferably, a component of illumination light which totally reflects more than thrice. In the case of totally reflecting more than thrice, the uniformity of light intensity can be easily brought within 35% when NA is about 0.1. Tilting the light axis of the rod lens 4 slightly to the light axis of illumination light that is original parallel light having Gaussian distribution to equalize light from the rod lens 4 is also effective for the equalization. A gradient angle of light axis is preferably ranging from 1 to 10 degrees, and more preferably ranging from 1 to 4 degrees. In the case of tilting the light axis, it is necessary to design by noting that NA in the illumination light may increase according to the degree being titled.

[Figure 1]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-268000

(P2002-268000A)

(43) 公開日 平成14年9月18日 (2002.9.18)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マコ-ト\* (参考)

G 0 2 B 27/00

G 0 2 F 1/13357

2 H 0 9 1

27/09

G 0 2 B 27/00

V

G 0 2 F 1/13357

E

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-67705 (P2001-67705)

(22) 出願日 平成13年3月9日 (2001.3.9)

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 加藤 幾雄

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72) 発明者 滝口 康之

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(74) 代理人 100079843

弁理士 高野 明近 (外2名)

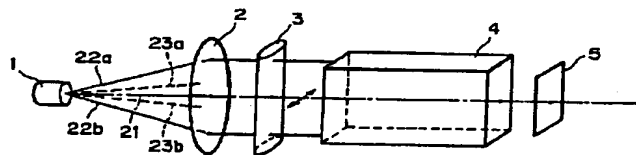
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照明装置

(57) 【要約】

【課題】 偏光性のある照明光を、偏光度を低下させることなく、光強度を均一化することができ、かつ、安価で小型化可能な照明装置を提供する。

【解決手段】 半導体レーザー光源1からの偏光性を有する照明光を、光学素子を通して空間光変調素子5に照明する照明装置において、該照明光が、該照明光の偏光面と略平行（または、垂直）な方向に対して平行光ではない照明光であり、該照明光が、該照明光の偏光面と略垂直（または、平行）な方向に対して略平行光である照明光であり、該光学素子として該照明光を入射せしめるロッドレンズ4を空間光変調素子5の前段に設ける。あるいは、ロッドレンズ4の出射端面に、該照明光の偏光面と略垂直な方向に複数に分割された後、複数に分割された該照明光を1つに合成せしめるプリズム面アレイを配置する。





## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 偏光性を有する照明光を、光学素子を通して被照明物体に照明する照明装置において、該照明光が、該照明光の偏光面と略平行な方向に対して平行光ではない照明光であり、該照明光が、該照明光の偏光面と略垂直な方向に対して略平行光である照明光であり、該光学素子として該照明光を入射せしめるロッドレンズを設けていることを特徴とする照明装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の照明装置において、前記ロッドレンズを通過した前記照明光に関して、該照明光が、該照明光の偏光面と略垂直な方向に複数に分割された後、複数に分割された該照明光を 1 つに合成せしめる光学素子を設けていることを特徴とする照明装置。

【請求項 3】 偏光性を有する照明光を、光学素子を通して被照明物体に照明する照明装置において、該照明光が、該照明光の偏光面と略垂直な方向に対して平行光ではない照明光であり、該照明光が、該照明光の偏光面と略平行な方向に対して略平行光である照明光であり、該光学素子として該照明光を入射せしめるロッドレンズを設けていることを特徴とする照明装置。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の照明装置において、前記ロッドレンズを通過した前記照明光に関して、該照明光が、該照明光の偏光面と略平行な方向に複数に分割された後、複数に分割された該照明光を 1 つに合成せしめる光学素子を設けていることを特徴とする照明装置。

【請求項 5】 請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の照明装置において、前記照明光が、レーザアレイから放出された照明光であることを特徴とする照明装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、偏光性を有する光源から放出された照明光を用いて面形状被照明物体に均一に照明する照明装置に関し、特に、室内照明装置、建築物照明装置、フォトリソグラフィ装置、拡大観察装置、拡大投影装置等の映像装置にも適用可能な照明装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】偏光性を有する照明光を用いた照明装置として、ほぼ平行な光であるレーザ光を収束光にした後に、ロッドレンズに入射して照明光を均一化することを特徴とする照明装置が、特開平 11-237601 号公報「液晶プロジェクタ装置」にて開示された映像装置の一部として記述されている。この従来の照明装置について、図 6 に示す。図 6 において、1 は半導体レーザであり、2' は拡散レンズであり、4' はロッドレンズ（ガラスロッド）であり、5' は書き込みパネル（透過型空間光変調素子）であり、24 は結像レンズであり、25 はスクリーン（投射パネル）である。書き込みパネル 5' は、電圧書き込み型の TFT タイプの液晶板によって構成されており、スクリーン 25 は、書き込み型の光

感応型導電膜を有する液晶板により構成されている。

【0003】かかる構成において、拡散レンズ 2' を透過したレーザ光は、拡散レンズ 2' の透過部位に応じて異なった発散角が付与され、該発散角に対応して内部で反射を繰り返しながら書き込みパネル（透過型空間光変調素子）5' に入力される。したがって、レーザスポット内で光の強度分布がガウス分布となっている場合でも、ロッドレンズ 4' の出口側では、均一の強度の光分布を持った光束に変換され、書き込みパネル 5' に対して均質な光を供給することができる。これは、単純な形状のロッドレンズ 4' を用いることにより、簡単に照明光を均一化できるという点で優れている。

【0004】このように、ロッドレンズを用いて、光の強度分布を均一化する手段は、ステップ装置におけるエキシマレーザ等に、照明装置例が多数あり、また、映像装置としても、LED 光を用いた照明装置が、特開平 10-29802 号公報に記述されている。しかしながら、このようなロッドレンズを用いた照明装置の問題としては、レーザ光のような偏光性のある光源に対して、ロッドレンズ壁面への斜入射成分に偏光回転が生じ、反射回数を大きくして均一化するほど偏光度が小さくなってしまふことがある。このため、液晶版のような偏光によって空間光変調するような場合には、コントラストが大幅に低下してしまう。また、偏光板を用いて偏光度を大きくするような場合には、光の利用効率が大きく低下してしまう。

【0005】これに対して、レーザ光に対して 2 枚のプリズム面アレイからなるホモジナイザを用いて照明光を均一化することを特徴とする照明装置が、特開平 7-307273 号公報「オブチカル・ホモジナイザ」に記述されている。この従来の照明装置の一部を図 7 に示す。図 7 において、26 と 27 とはそれぞれ互いに直交する方向に配置された 1 次元の 2 枚のオブチカル・ホモジナイザであり、1 次元オブチカル・ホモジナイザ 26、27 を組み合わせることにより、2 次元のオブチカル・ホモジナイザと同一効果を得るものであり、28 は 2 次元オブチカル・ホモジナイザであり、29 は被照明領域（たとえば、透過型空間光変調素子を配置する被照明領域）である。

【0006】このとき、レーザ光は、1 次元オブチカル・ホモジナイザ 26、27、あるいは、2 次元オブチカル・ホモジナイザ 28 のプリズム面で分割、偏向されて被照明領域 29 で重畳合成されることにより、照明光が均一化される。これは、1 枚のプリズム面で分割、偏向した場合と比較して、偏向方向の回転を低減できるという点で優れているが、プリズム面の製作が複雑であり、また、1 次元オブチカル・ホモジナイザ 26、27 の組み合わせの場合には、2 枚の 1 次元オブチカル・ホモジナイザ 26、27 の位置調整が必要であるので、組み立て時の工程が複雑となり、高コストとなる問題がある。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、前述のごとき従来の問題点を鑑みてなされたものであり、本発明の第1の課題は、偏光性のある照明光を、偏光度を低下させることなく、偏光性の大きい方向の光強度を均一化することができ、かつ、安価で小型化可能な照明装置を提供することにある。

【0008】また、本発明の第2の課題は、偏光性のある照明光を、偏光度を低下させることなく、偏光性の大きい方向と、これと直交する方向との光強度を均一化することができ、かつ、安価で小型化可能な照明装置を提供することにある。

【0009】また、本発明の第3の課題は、偏光性のある照明光を、偏光度を低下させることなく、偏光性の小さい方向の光強度を均一化することができ、かつ、安価で小型化可能な照明装置を提供することにある。

【0010】また、本発明の第4の課題は、偏光性のある照明光を、偏光性の方向にかかわらず、偏光度を低下させることなく、2次元方向で光強度を均一化することができ、かつ、安価で小型化可能な照明装置を提供することにある。

【0011】また、本発明の第5の課題は、レーザアレイから放出された照明光を、アレイ方向に長い光束を整形すると同時に、その偏光度を低下することなく、光強度を均一化することができ、かつ、安価で小型化可能な照明装置を提供することにある。

## 【0012】

【課題を解決するための手段】本発明者は、鋭意検討の結果、偏光性のある照明光に対して、ロッドレンズを用いて、偏光性の大きい方向と小さい方向との2つの方向に着目して、別々の方法を用いて、光強度を均一化することにより、前記課題を達成しうることを見出した。より詳細には、解決手段として以下の各発明により構成されている。

【0013】請求項1に記載の発明は、偏光性を有する照明光を、光学素子を通過させて被照明物体に照明する照明装置において、該照明光が、該照明光の偏光面と略平行な方向に対して平行光ではない照明光であり、該照明光が、該照明光の偏光面と略垂直な方向に対して略平行光である照明光であり、該光学素子として該照明光を入射せしめるロッドレンズを設けている照明装置とすることを特徴とするものである。而して、本発明の前記第1の課題が達成される。

【0014】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の照明装置において、前記ロッドレンズを通過した前記照明光に関して、該照明光が、該照明光の偏光面と略垂直な方向に複数に分割された後、複数に分割された該照明光を1つに合成せしめる光学素子を設けている照明装置とすることを特徴とするものである。而して、本発明の前記第2の課題が達成される。

【0015】請求項3に記載の発明は、偏光性を有する照明光を、光学素子を通過させて被照明物体に照明する照明装置において、該照明光が、該照明光の偏光面と略垂直な方向に対して平行光ではない照明光であり、該照明光が、該照明光の偏光面と略平行な方向に対して略平行光である照明光であり、該光学素子として該照明光を入射せしめるロッドレンズを設けている照明装置とすることを特徴とするものである。而して、本発明の前記第3の課題が達成される。

10 【0016】請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の照明装置において、前記ロッドレンズを通過した前記照明光に関して、該照明光が、該照明光の偏光面と略平行な方向に複数に分割された後、複数に分割された該照明光を1つに合成せしめる光学素子を設けている照明装置とすることを特徴とするものである。而して、本発明の前記第4の課題が達成される。

【0017】請求項5に記載の発明は、請求項1乃至4のいずれかに記載の照明装置において、前記照明光が、レーザアレイから放出された照明光である照明装置とすることを特徴とするものである。而して、本発明の前記第5の課題が達成される。

## 【0018】

【発明の実施の形態】以下に、詳細に本発明に係る照明装置を説明する。図1は、請求項1に記載の発明に係わる照明装置の構成の1例を示す模式図である。図1において、1は半導体LD（レーザダイオード）であり、2はコリメータレンズであり、3はシリンジカルレンズであり、4はロッドレンズであり、5は透過型空間光変調素子であり、21は照明光の光軸であり、22a、22bは、それぞれ、レーザ光からなる照明光に関し、紙面に対して最上部と最下部とを示す光線であり、23a、23bは、それぞれ、レーザ光からなる照明光に関し、紙面に対して最奥部と最手前部とを示す光線である。透過型空間光変調素子5は、偏光子、p-si素子付TN液晶板、検光子により構成される。図示はしていないが、透過型空間光変調素子5の像は、図1に示す透過型空間光変調素子5の紙面の更に右側に設けられた投射レンズにより、同じく図示はしていないスクリーンに結像投射され、映像表示装置が構成されることになる。

40 【0019】図1において、半導体LD1から放出されたレーザ光からなる照明光は、光強度分布がほぼガウシアン分布であり、中心のピーク強度に対して、 $1/(e^2)$ となる光束として、上下方向に約30度（すなわち、光線22aと光線22bとの角度）、紙面に対して垂直方向に約10度（すなわち、光線23aと光線23bとの角度）で発散される。該発散光を、コリメータレンズ2でコリメートして、進行方向に対する断面が楕円形状の平行光とする。該楕円形状の平行光である照明光をシリンジカルレンズ3で紙面の垂直方向にのみ収束させた後、両端面の曲率が0のロッドレンズ4に入射さ

せる。ロッドレンズ4内で、照明光が紙面の垂直方向には多重反射を繰り返すことにより、仮想光源位置が複数にシフトし、このため紙面の垂直方向に光強度が均一化される。光強度の均一化の度合いは、半導体LD1の照明光の光強度分布とシリンドリカルレンズ3による収束状態とロッドレンズ4の断面形状とロッドレンズ長によって、主に決定される。

【0020】図1の場合においては、半導体LD1の照明光の光強度分布はガウシアン分布であるので、一定値であり、ロッドレンズ4の断面形状は、図1に示すように、被照明物体である透過型空間光変調素子5の形状と大きくは違わず、主に、シリンドリカルレンズ3による収束状態とロッドレンズ4の長さにより、光強度の均一性が決定される。シリンドリカルレンズ3のパワーを大きくするほど、光強度の均一性は向上するが、照明光のNAが増加して実効的な光利用効率が低減する場合がある。ロッドレンズ4の長さを大きくするほど、光強度の均一性は向上するが、照明装置としての大きさが大きくなってしまふ。また、上下方向の光は平行光のままであるので、光強度のガウシアン分布が保持される。

【0021】このとき、ロッドレンズ4に入射された照明光は、紙面の垂直方向に大きい偏光性を有しており、また、ロッドレンズ4の紙面に垂直な2面に対してのみ全反射されているので、反射面に対しては、常にP偏光の状態であり、このロッドレンズ4内での複数回の反射により偏光面が回転することはない。このため、ロッドレンズ4から放出され、紙面の垂直方向に均一化された照明光は、偏光度が同じまま保持された状態となり、ロッドレンズ4の端面に近接された透過型空間光変調素子5を照明することができる。コリメータレンズ2の収差や組み付け誤差により照明光のコリメートがきちんとなされていない場合や、ロッドレンズ4の組み付け誤差により光学系の光軸がずれている場合には、ロッドレンズ4内で斜入射の状態となり、P偏光とS偏光とが存在する形となり、若干、照明光の偏光度が低下し、偏光子を用いない場合には、透過型空間光変調素子5のコントラストの低下となるが、偏光子を設けている場合には、照明光としては光利用効率が重要となるが、かかる場合においても、P偏光の率を95%以上とする照明光とすることは簡単にでき、偏光子の透過率を考えても80%以上の光利用効率とすることは容易に達成できる。

【0022】図1に示すように、特定の方向で、かつ、偏光性の小さい方向にのみ平行な照明光に制御し、かつ、該照明光を、ロッドレンズ4を透過させることにより、偏光性を保持しながら、特定の方向と垂直な方向に光強度を均一化することができる。ロッドレンズ4は、直方体のガラスブロックの1種であり、大きなプリズム面アレイと比較して作製が非常に簡単であり、安価な照明装置とすることができ、かつ、スリムな小型な形状からなっており、照明装置をスリム化できる。

【0023】コリメータレンズ2やシリンドリカルレンズ3は、図1に示すとき単レンズに限定されるわけではなく、複数枚用いる方がより偏光性を保持することができ、また、モールドや研削の非球面レンズであってもよい。これらのレンズやロッドレンズ4の硝材は、通常の光学硝子以外に、プラスチックや空中空間でもよく、回折格子やホログラム素子やバイナリ素子であってもよい。また、空間光変調素子は、図1においては、透過型空間光変調素子5としているが、液晶板からなる透過型のものである必要はなく、反射型液晶素子、マイクロメカトロニクスによる反射ミラーアレイ等であってもよい。また、空間光変調素子を観察する手段としては、前述したような投影レンズとスクリーンを用いた方式である必要はなく、虚像レンズを用いたHMDであってもよい。

【0024】シリンドリカルレンズ3のパワーは、ロッドレンズ4の形状と要求される光強度の均一性の仕様にもよるが、2回以上全反射する照明光の成分があることが好ましく、さらに好ましくは、3回以上全反射する照明光の成分があることが好ましい。3回以上の全反射の場合には、NAが0.1程度で光強度の均一性を35%以内にすることが容易にできる。ロッドレンズ4による照明の均一化のために、ガウシアン分布からなる元の平行光である照明光の光軸21に対して、ロッドレンズ4の光軸を少し傾けることも、均一化のために効果的である。光軸の傾斜角度は、好ましくは、1度から10度までであり、さらに好ましくは、1度から4度までである。この光軸を傾けた場合には、照明光のNAがその分増加することに留意して、設計する必要がある。

【0025】図2は、請求項2に記載の発明に係わる照明装置の構成の1例を示す模式図である。図2において、1は半導体LD（レーザダイオード）であり、2はコリメータレンズであり、3はシリンドリカルレンズであり、6は変形ロッドレンズであり、7a、7b、7cはロッドレンズ出射端に形成した1次元プリズム面アレイであり、8はシリンドリカルレンズであり、9は透過型空間光変調素子であり、21は照明光の光軸であり、22a、22bは、それぞれ、レーザ光からなる照明光に関し、紙面に対して最上部と最下部とを示す光線であり、23a、23bは、それぞれ、レーザ光からなる照明光に関し、紙面に対して最奥部と最手前部とを示す光線である。図1と同様に、図示はしていない結像レンズとスクリーンにより映像装置を構成することができる。

【0026】図2において、半導体LD1から放出されたレーザ光からなる照明光は、光強度分布がほぼガウシアン分布であり、中心のピーク強度に対して $1/(e^2)$ となる光束として、紙面に対して上下方向に約30度（すなわち、光線22aと光線22bとの角度）、紙面に対して垂直方向に約10度（すなわち、光線23aと光線23bとの角度）で発散される。これをコリメータレンズ2でコリメートして進行方向に対する断面が楕

円形状の平行光とする。該楕円形状の平行光である照明光をシリンドリカルレンズ3により紙面の垂直方向にのみ収束させた後、入射端面の曲率が0の変形ロッドレンズ6に入射させる。変形ロッドレンズ6内で、照明光は紙面の垂直方向に多重反射を繰り返すことにより仮想光源位置が複数にシフトし、このため紙面の垂直方向に光強度が均一化される。光強度の均一化の度合いは、半導体LD1の照明光の光強度分布とシリンドリカルレンズ3による収束状態と変形ロッドレンズ6の断面形状とロッドレンズ長により、主に決定される。また、上下方向は平行光のままであるので、光強度のガウシアン分布が保持される。

【0027】このとき、変形ロッドレンズ6に入射された照明光は、紙面の垂直方向に大きい偏光性を有しており、また、変形ロッドレンズ6の紙面に垂直な2面に対してのみ全反射されているので、反射面に対しては、常にP偏光の状態であり、この変形ロッドレンズ6内での複数回の反射により、偏光面が回転することはない。このため、変形ロッドレンズ6のプリズム面アレイからなる出射端面7a、7b、7cから放出され、紙面の垂直方向に均一化の照明光は、偏光度が同じまま保持された状態となる。さらに、このプリズム面アレイからなる出射端面7a、7b、7cから放出された照明光は、それぞれの界面入射角と硝材の屈折率に応じて上下方向に偏向され、出射端面7a、7b、7cに対応する3つの照明光が、透過型空間光変調素子9で紙面の上下方向に重畳合成され、紙面の上下方向に光強度が均一化された照明光となる。このとき、出射端面7a、7b、7cでの照明光の界面入射状態は、偏光性が保持されたS偏光状態であるので、偏光が回転することがなく、透過率も一定に偏向することができる。また、出射端面7a、7b、7cから紙面に垂直な方向に発散した照明光はシリンドリカルレンズ8により、透過型空間光変調素子9上に紙面に垂直な方向にのみ結像することができる。

【0028】図2に示すように、特定の方向で、かつ、偏光性の小さい方向にのみ平行な照明光に制御し、かつ、この照明光を、変形ロッドレンズ6を透過させることにより、偏光性を保持しながら、2次元方向に光強度を均一化させることができる。変形ロッドレンズ6は、直方体のガラスブロックの1種であり、大きなプリズム面アレイと比較して、作製が非常に簡単であり、安価な照明装置とすることができ、かつ、スリムな小型な形状からなっており、照明装置をスリム化できる。また、ここで用いるプリズムアレイすなわち1次元プリズム面アレイ7a、7b、7cは、紙面の垂直方向に対して薄型でよく、かつ、小型であり、かつ、作製も容易であり、低コストとなる。

【0029】1次元プリズム面アレイ7a、7b、7cは、変形ロッドレンズ6と一体である必要はなく、また、ハエの目レンズアレイやレンチキュラレンズアレイ

とコンデサレンズとを組み合わせただけのものであってもよい。また、1次元プリズム面アレイの数は、図2に示すごとく1次元プリズム面アレイ7a、7b、7cの3つに限定されることはなく、ガウシアン分布の場合には、好ましくは5分割以上、さらに好ましくは、7分割以上であり、7分割以上の場合には、上下方向の光強度の均一性を20%以内とすることが容易にできる。また、1次元プリズム面アレイ7a、7b、7cのプリズム面の傾斜角は、照明系のNAに対応して設計すればよく、傾斜角が小さいほど、NAが小さくなり、光利用効率が増加しやすいが、照明装置が大きくなる。半導体LD1の光源から放出された照明光の光軸に対する断面形状は、楕円に限定されるものではなく、円形、矩形、自由曲線面であってもよいが、1次元プリズム面アレイ方向つまりは偏光性の大きい方向が長手方向である方が、正方形またはNTSC基準の水平：垂直＝4：3の形状を有する空間光変調素子の場合には好ましい。

【0030】図3は、請求項3に記載の発明に係わる照明装置の構成の1例を示す模式図である。図3において、1は半導体LD（レーザダイオード）であり、2はコリメータレンズであり、10はシリンドリカルレンズであり、11はロッドレンズであり、12は透過型空間光変調素子であり、21は照明光の光軸であり、22a、22bは、それぞれ、レーザ光からなる照明光に関し、紙面に対して最上部と最下部を示す光線であり、23a、23bは、それぞれ、レーザ光からなる照明光に関し、紙面に対して最奥部と最手前部を示す光線である。図1と同様に、図示はしていない結像レンズとスクリーンにより映像装置を構成することができる。

【0031】図3において、半導体LD1から放出されたレーザ光からなる照明光は、光強度分布がほぼガウシアン分布であり、中心のピーク強度に対して、 $1/(e^{-2})$ となる光束として、上下方向に約30度（すなわち、光線22aと光線22bとの角度）、紙面に対して垂直方向に約10度（すなわち、光線23aと光線23bとの角度）で発散される。該発散光を、コリメータレンズ2でコリメートして、進行方向に対する断面が楕円形状の平行光とする。該楕円形状の平行光である照明光の一部をシリンドリカルレンズ10により上下方向にのみ収束させた後、両端面の曲率が0のロッドレンズ11に入射させる。ロッドレンズ11内で、照明光は上下方向には多重反射を繰り返すことにより、仮想光源位置が複数にシフトし、このため上下方向に光強度が均一化される。光強度の均一化の度合いは、半導体LD1の照明光の光強度分布とシリンドリカルレンズ10による収束状態とロッドレンズ11の断面形状とロッドレンズ長により、主に決定される。

【0032】図3の場合においては、照明光の光強度分布はガウシアン分布がレンズ端開口でケラれて若干均一化された一定値であり、ロッドレンズ11の断面形状

は、図3の被照明物体である透過型空間光変調素子12の形状と大きくは変わらず、主にシリンドリカルレンズ10による収束状態とロッドレンズ11の長さにより光強度の均一性が決定される。シリンドリカルレンズ10のパワーを大きくするほど、光強度の均一性は向上するが、照明光のNAが増加して実効的な光利用効率が低減する場合がある。ロッドレンズ11の長さを大きくするほど、光強度の均一性は向上するが、照明装置としての大きさが大きくなってしまう。また、紙面に垂直な方向は平行光のままであるので、光強度はガウシアン分布が保持される。

【0033】このとき、ロッドレンズ11に入射された照明光は、紙面に垂直な方向に大きい偏光性を有しており、また、ロッドレンズ11の紙面に垂直な2面に対してのみ全反射されているので、反射面に対しては、常にP偏光の状態であり、このロッドレンズ11内での複数回の反射により、偏光面が回転することはない。このため、ロッドレンズ11から放出され、紙面の上下方向に均一化された照明光は、偏光度が同じまま保持された状態となり、ロッドレンズ11の端面に近接された空間光変調素子12を照明することができる。

【0034】図3に示すように、特定の方向で、かつ、偏光性の大きい方向にのみ平行な照明光に制御し、かつ、この照明光を、ロッドレンズ11を透過させることにより、偏光性を保持しながら、特定の方向と垂直な方向に光強度を均一化することができる。ロッドレンズ11は、直方体のガラスブロックの1種であり、大きなプリズム面アレイと比較して、作製が非常に簡単であり、安価な照明装置とすることができ、かつ、スリムな小型な形状からなっており、照明装置をスリム化できる。

【0035】コリメータレンズ2やシリンドリカルレンズ10は、図3に示す単レンズに限定されるわけではなく、複数枚用いる方がより偏光性を保持することができ、また、モールドや研削の非球面レンズであってもよい。これらのレンズやロッドレンズ11の硝材は、通常の光学硝子以外にプラスチックや空中空間でもよく、回折格子やホログラム素子やバイナリ素子であってもよい。空間光変調素子は、図3においては、透過型空間変調素子12としているが、液晶板からなる透過型のものである必要はなく、反射型液晶素子、マイクロメカトロニクスによる反射ミラーアレイ等であってもよい。また、空間光変調素子を観察する手段としては、投影レンズとスクリーンを用いた方式である必要はなく、虚像レンズを用いたHMDであってもよい。

【0036】シリンドリカルレンズ10の照明光のパワーは、レンズ端開口によるケラレ、ロッドレンズ11の形状と要求される光強度の均一性の仕様にもよるが、2回以上全反射する照明光の成分があることが好ましく、さらに好ましくは、3回以上全反射する照明光の成分があることが好ましい。3回以上の全反射の場合には、レ

ンズ端開口によるケラレが、ガウシアン分布の約 $1/3$ で、かつ、NAが0.1程度で、光強度の均一性を10%以内にすることが容易にできる。ロッドレンズ11による照明の均一化のために、レンズ端開口によりケラレたガウシアン分布からなる元の平行光である照明光の光軸21に対して、ロッドレンズ11の光軸を少し傾けることも、均一化のために効果的である。光軸の傾斜角度は、好ましくは1度から10度までであり、さらに好ましくは、1度から4度までである。この光軸を傾けた場合には、照明光のNAがその分増加することに留意して、設計する必要がある。

【0037】図4は、請求項4に記載の発明に係わる照明装置の構成の1例を示す模式図である。図4において、1は半導体LD（レーザダイオード）であり、2はコリメータレンズであり、10はシリンドリカルレンズであり、13は変形ロッドレンズであり、14a、14bはロッドレンズ出射端に形成した1次元プリズム面アレイであり、15はシリンドリカルレンズであり、16は透過型空間光変調素子であり、21は照明光の光軸であり、22a、22bは、それぞれ、レーザ光からなる照明光に関し、紙面に対して最上部と最下部を示す光線であり、23a、23bは、それぞれ、レーザ光からなる照明光に関し、紙面に対して最奥部と最手前部を示す光線である。図1と同様に、図示はしていない結像レンズとスクリーンにより映像装置を構成することができる。

【0038】図4において、半導体LD1から放出されたレーザ光からなる照明光は、光強度分布がほぼガウシアン分布であり、中心のピーク強度に対して、 $1/(e^2)$ となる光束として、上下方向に約30度（すなわち、光線22aと光線22bとの角度）、紙面に対して垂直方向に約10度（すなわち、光線23aと光線23bとの角度）で発散される。該発散光を、コリメータレンズ2でコリメートして、進行方向に対する断面が楕円形状の平行光とする。該楕円形状の平行光である照明光をシリンドリカルレンズ10で紙面の上下方向にのみ収束させた後、入射端面の曲率が0の変形ロッドレンズ13に入射させる。変形ロッドレンズ13内で、照明光は紙面の垂直方向に多重反射を繰り返すことにより、仮想光源位置が複数にシフトし、このため紙面の上下方向に光強度が均一化される。光強度の均一化の度合いは、半導体LD1の照明光の光強度分布とシリンドリカルレンズ10による収束状態およびレンズ開口ケラレと変形ロッドレンズ13の断面形状とロッドレンズ長によって、主に決定される。また、紙面の垂直方向は平行光のままであるので、光強度はガウシアン分布が保持される。

【0039】このとき、変形ロッドレンズ13に入射された照明光は、紙面の垂直方向に大きい偏光性を有しており、また、変形ロッドレンズ13の紙面に垂直な2面に対してのみ全反射されているので、反射面に対しては

常にS偏光の状態であり、この変形ロッドレンズ13内での複数回の反射により偏光面が回転することはない。このため、変形ロッドレンズ13のプリズム面アレイからなる出射端面14a, 14bから放出され、紙面の上下方向に均一化の照明光は、偏光度が同じまま保持された状態となる。さらに、このプリズム面アレイからなる出射端面14a, 14bから放出された照明光は、それぞれの界面入射角と硝材の屈折率に応じて紙面の垂直方向に偏向され、出射端面14a, 14bに対応する2つの照明光が、透過型空間光変調素子16により紙面の垂直方向に重畳合成され、紙面の垂直方向に光強度が均一化された照明光となる。このとき、出射端面14a, 14bでの照明光の界面入射状態は、偏光性が保持されたP偏光状態であるので、偏光が回転することがなく、透過率も一定に偏向することができる。また、出射端面14a, 14bから紙面の上下方向に発散した照明光は、シリンドリカルレンズ15により透過型空間光変調素子16上に紙面に上下の方向にのみ結像することができる。

【0040】図4に示すように、特定の方向で、かつ、偏光性の大きい方向にのみ平行な照明光に制御し、かつ、この照明光を、変形ロッドレンズ13を透過させることにより、偏光性を保持しながら、2次元方向に光強度を均一化させることができる。変形ロッドレンズ13は、直方体のガラスブロックの1種であり、大きなプリズム面アレイと比較して、作製が非常に簡単であり、安価な照明装置とすることができ、かつ、スリムな小型な形状からなっており、照明装置をスリム化できる。また、ここで用いるプリズムアレイすなわち1次元プリズム面アレイ14a, 14bは、紙面の垂直方向に対して薄型でよく、かつ、小型であり、かつ、作製も容易であり、低コストとなる。また、偏光性の大きい方向と小さい方向のどちらの方向に対しても平行な照明光に適用できるようになることから、照明光の適用範囲や照明光学系の設計範囲を広げることができる。

【0041】1次元プリズム面アレイ14a, 14bは、変形ロッドレンズ13と一体である必要はなく、また、ハエの目レンズアレイやレンチキュラレンズアレイとコンデサレンズとを組み合わせたものであってもよい。また、1次元プリズム面アレイの数は、図4に示すごとく1次元プリズム面アレイ14a, 14bの2つに限定されることなく、1/3ほどケラれたガウシアン分布の場合には、好ましくは3分割以上、さらに好ましくは、5分割以上であり、5分割以上の場合には、上下方向の光強度の均一性を15%以内とすることが容易にできる。また、1次元プリズム面アレイ14a, 14bのプリズム面の傾斜角は、照明系のNAに対応して設計すればよく、傾斜角が小さいほど、NAが小さくなり、光利用効率が増加しやすいが、照明装置が大きくなる。半導体LD1の光源から放出された照明光の光軸に対す

る断面形状は、楕円に限定されるものではなく、円形、矩形、自由曲線面であってもよいが、1次元プリズム面アレイ方向つまりは偏光性の小さい方向が長手方向である方が、正方形またはNTSC基準の水平：垂直＝4：3の形状を有する空間光変調素子の場合には好ましい。

【0042】図5は、請求項5に記載の発明に係わる照明装置の構成の1例を示す模式図である。図5において、17は基板であり、18a, b, c, d, e, fは半導体LD（レーザダイオード）アレイであり、19a, b, c, d, e, fはシリンドリカルコリメータレンズアレイであり、20はシリンドリカルコリメータレンズであり、3はシリンドリカルレンズであり、6は変形ロッドレンズであり、7a, 7b, 7cはロッドレンズ出射端に形成した1次元プリズム面アレイであり、8はシリンドリカルレンズであり、9は透過型空間光変調素子である。図1と同様に、図示はしていない結像レンズとスクリーンとにより映像装置を構成することができる。

【0043】図5において、基板17に設けられた半導体LDアレイ18a, b, c, d, e, fのうち、いずれか一つの半導体LD18aから放出されたレーザ光からなる照明光は、光強度分布がほぼガウシアン分布であり、中心のピーク強度に対して、 $1/(e^2)$ となる光束として、紙面に対して上下方向に約10度、紙面に対して垂直方向に約30度で発散される。該発散光を、シリンドリカルコリメータレンズアレイ19aで紙面の上下方向にのみコリメートされ、さらに、シリンドリカルコリメートレンズ20により紙面の垂直方向にコリメートされ、進行方向に対する断面が楕円形状をなす平行光となる照明光に制御される。かかる照明光は、半導体LDアレイ18a, b, c, d, e, fのうち、他のいずれの一つの半導体LD18b, c, d, e, fについても、それぞれ同様に制御され、進行方向に対して複数の楕円形状を有する平行光からなる照明光となる。該楕円形状の平行光であるそれぞれの照明光をシリンドリカルレンズ20により、紙面の垂直方向にのみ収束させた後、入射端面の曲率が0の変形ロッドレンズ6に入射させる。変形ロッドレンズ6内で、照明光は紙面の垂直方向に多重反射を繰り返すことにより仮想光源位置が複数にシフトし、このため、紙面の垂直方向に光強度が均一化される。光強度の均一化の度合いは、半導体LDアレイ18a, b, c, d, e, fの照明光の光強度分布とシリンドリカルレンズ20による収束状態と変形ロッドレンズ6の断面形状とロッドレンズ長により、主に決定される。また、上下方向は平行光のままであるので、光強度のガウシアン分布が保持される。

【0044】このとき、変形ロッドレンズ6に入射された照明光は、紙面の垂直方向に小さい偏光性を有しており、また、変形ロッドレンズ6の紙面に垂直な2面に対してのみ全反射されているので、反射面に対しては、常

にS偏光の状態であり、この変形ロッドレンズ6内での複数回の反射により、偏光面が回転することはない。このため、変形ロッドレンズ6のプリズム面アレイからなる出射端面7a, 7b, 7cから放出され、紙面の垂直方向に均一化された照明光は偏光度が同じまま保持された状態となる。さらに、このプリズム面アレイからなる出射端面7a, 7b, 7cから放出された照明光は、それぞれの界面入射角と硝材の屈折率に応じて上下方向に偏向され、出射端面7a, 7b, 7cに対応する3つの照明光が、透過型空間光変調素子9で紙面の上下方向に重畳合成され、紙面の上下方向に光強度が均一化された照明光となる。このとき、出射端面7a, 7b, 7cでの照明光の界面入射状態は、偏光性が保持されたP偏光状態であるので、偏光が回転することがなく、透過率も一定に偏向することができる。また、出射端面7a, 7b, 7cから紙面に垂直な方向に発散した照明光はシリンドリカルレンズ8により、透過型空間光変調素子9上に紙面に垂直な方向にのみ結像することができる。

【0045】図5に示すように、半導体LDアレイ18a, b, c, d, e, fから放出される偏光性の大きい方向に長い形状を有する照明光に対して、偏光性の小さい方向に対しては、変形ロッドレンズ6を透過させることにより、光束の大きさを増加させることなく、偏光性を保持しながら、光強度を均一化でき、偏光性の大きい方向に対しては、細長い1次元プリズム面アレイ7a, 7b, 7cを用いることにより、光束の大きさを小さくし、かつ、偏光性を保持しながら、光強度を均一化でき、これにより、偏光性を保持しながら、2次元方向に光強度を均一化することができる。また、シリンドリカルコリメータレンズアレイ19a, b, c, d, e, fを用いることにより、半導体LDアレイ18a, b, c, d, e, fから放出され、発散する照明光を容易に平行化することができる。変形ロッドレンズ6は、直方体のガラスブロックの1種であり、大きなプリズム面アレイと比較して、作製が非常に簡単であり、安価な照明装置とすることができ、かつ、スリムな小型な形状からなっており、照明装置をスリム化できる。また、ここで用いるプリズムアレイすなわち1次元プリズム面アレイ7a, 7b, 7cは、紙面の垂直方向に対して薄型でよく、かつ、小型であり、かつ、作製も容易であり低コストとなる。

#### 【0046】

【発明の効果】以上の詳細、かつ、具体的な説明により、明らかなように、本発明に係わる照明装置によれば、以下のごとき、効果が得られる。請求項1に記載の照明装置に係る発明においては、偏光性を有する照明光を、光学素子を通過させて被照明物体に照明する照明装置において、該照明光が該照明光の偏光面と略平行な方向に対して平行光ではない照明光であり、該照明光が該照明光の偏光面と略垂直な方向に対して略平行光である

照明光であり、該光学素子として該照明光を入射せしめるロッドレンズを設けていることを特徴としているので、偏光性のある照明光を、偏光度を低下させることなく、偏光性の大きい方向の光強度を均一化させることを可能とする、安価で、かつ、小型の照明装置を提供することができる。

【0047】請求項2に記載の照明装置に係る発明においては、請求項1に記載の照明装置において、前記ロッドレンズを通過した前記照明光に関して、該照明光が偏光面と略垂直な方向に複数に分割された後に、この複数の照明光を1つに合成せしめる光学素子を設けたことを特徴としているので、偏光性のある照明光を、偏光度を低下させることなく、偏光性の大きい方向と、これと直交する方向との光強度を均一化させることを可能とする、安価で、かつ、小型の照明装置を提供することができる。

【0048】請求項3に記載の照明装置に係る発明においては、偏光性を有する照明光を、光学素子を通過させて被照明物体に照明する照明装置において、該照明光が該照明光の偏光面と略垂直な方向に対して平行光ではない照明光であり、該照明光が該照明光の偏光面と略平行な方向に対して略平行光である照明光であり、該光学素子として該照明光を入射せしめるロッドレンズを設けていることを特徴としているので、偏光性のある照明光を、偏光度を低下させることなく、偏光性の小さい方向の光強度を均一化させることを可能とする、安価で、かつ、小型の照明装置を提供することができる。

【0049】請求項4に記載の照明装置に係る発明においては、請求項3に記載の照明装置において、前記ロッドレンズを通過した前記照明光に関して、該照明光が偏光面と略平行な方向に複数に分割された後に、この複数の照明光を1つに合成せしめる光学素子を設けたことを特徴としているので、偏光性のある照明光を、偏光性の方向にかかわらず、偏光度を低下させることなく、2次元方向で光強度を均一化させることを可能とする、安価で、かつ、小型の照明装置を提供することができる。

【0050】請求項5に記載の照明装置に係る発明においては、該照明光が、レーザアレイから放出された照明光であることを特徴としているので、レーザアレイから放出された照明光を、アレイ方向に長い光束を整形すると同時に、その偏光度を低下することなく、光強度を均一化させることを可能とする、安価で、かつ、小型の照明装置を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 請求項1に記載の発明に係わる照明装置の構成の1例を示す模式図である。

【図2】 請求項2に記載の発明に係わる照明装置の構成の1例を示す模式図である。

【図3】 請求項3に記載の発明に係わる照明装置の構成の1例を示す模式図である。

【図4】 請求項4に記載の発明に係わる照明装置の構成の1例を示す模式図である。

【図5】 請求項5に記載の発明に係わる照明装置の構成の1例を示す模式図である。

【図6】 従来の照明装置の構成を示す模式図である。

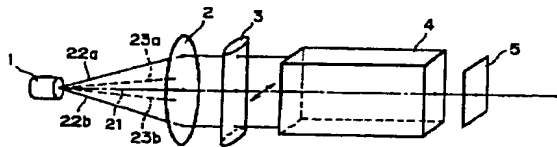
【図7】 従来の照明装置の別の構成を示す模式図である。

【符号の説明】

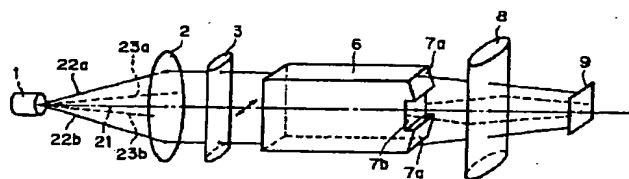
1…半導体LD（レーザダイオード）、2…コリメータレンズ、2'…拡散レンズ、3…シリンドリカルレンズ、4、4'…ロッドレンズ（ガラスロッド）、5、5'…透過型空間光変調素子（書き込みパネル）、6…変形ロッドレンズ、7a、7b、7c…1次元プリズム面アレイ（出射端面）、8…シリンドリカルレンズ、9…透過型空間光変調素子、10…シリンドリカルレン

ズ、11…ロッドレンズ、12…透過型空間光変調素子、13…変形ロッドレンズ、14a、14b…1次元プリズム面アレイ（出射端面）、15…シリンドリカルレンズ、16…透過型空間光変調素子、17…基板、18a、18b、18c、18d、18e、18f…半導体LD（レーザダイオード）アレイ、19a、19b、19c、19d、19e、19f…シリンドリカルコリメータレンズアレイ、20…シリンドリカルコリメータレンズ、21…照明光の光軸、22a…照明光の最上部光線、22b…照明光の最下部光線、23a…照明光の最奥部光線、23b…照明光の最手前部光線、24…結像レンズ、25…スクリーン（投射パネル）、26、27…1次元オプティカル・ホモジナイザ、28…2次元オプティカル・ホモジナイザ、29…被照明領域。

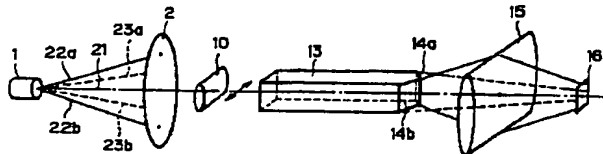
【図1】



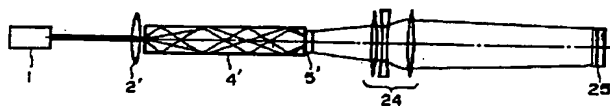
【図2】



【図4】

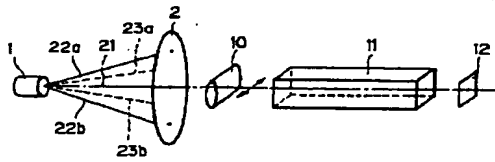


【図6】

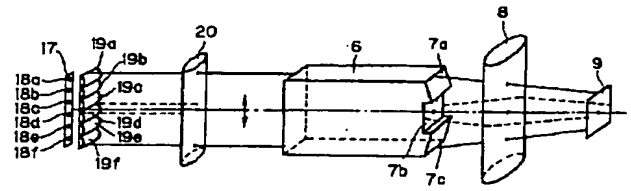




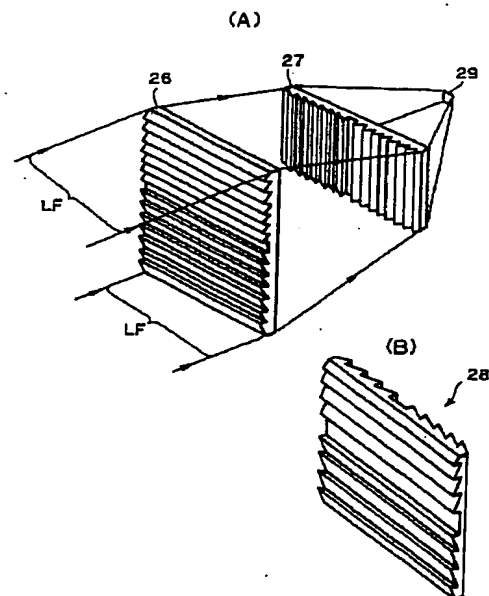
【図3】



【図5】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 亀山 健司  
東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式  
会社リコー内

(72)発明者 宮垣 一也  
東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式  
会社リコー内

(72)発明者 逢坂 敬信  
東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式  
会社リコー内

Fターム(参考) 2H091 FA26Z FA41Z FA46Z FD01  
MA07